

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-249261

(43)Date of publication of application : 14.09.2001

(51)Int.Cl.

G02B 7/04

G02B 3/14

G02B 7/28

G02B 15/00

G03B 3/04

G03B 13/32

G03B 9/02

G03B 11/00

(21)Application number : 2000-058295

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 03.03.2000

(72)Inventor : ONUKI ICHIRO

NOTO GORO

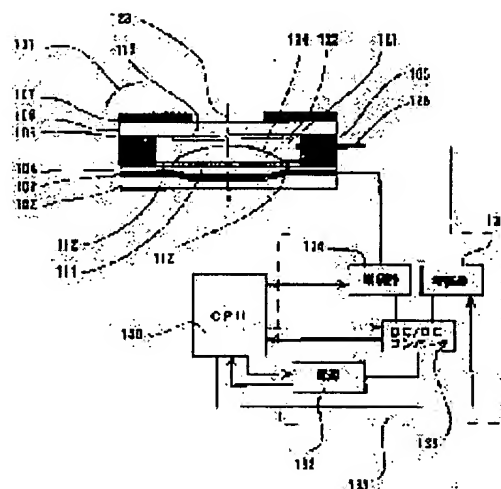
KAWANAMI EIRISHI

## (54) OPTICAL DEVICE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical device capable of controlling the drive of an optical element using electrocapillarity by a simple driving circuit when controlling the drive of the optical element, accurately controlling the optical power in a short time and capable of driving with a small power.

**SOLUTION:** The optical device with the optical element whose optical property is changed in accordance with a change in a surface shape when a voltage is applied is provided with a power feeding means for applying a prescribed AC voltage on an electrode arranged in the container so as to change the surface shape, and an apply voltage control means for controlling the apply voltage, and the duty factor of the AC voltage is controlled by the apply voltage control means, and the surface shape is changed by controlling the duty factor.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

## JP2001249261

Publication Title:

OPTICAL DEVICE

Abstract:

Abstract of JP2001249261

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an optical device capable of controlling the drive of an optical element using electrocapillarity by a simple driving circuit when controlling the drive of the optical element, accurately controlling the optical power in a short time and capable of driving with a small power. **SOLUTION:** The optical device with the optical element whose optical property is changed in accordance with a change in a surface shape when a voltage is applied is provided with a power feeding means for applying a prescribed AC voltage on an electrode arranged in the container so as to change the surface shape, and an apply voltage control means for controlling the apply voltage, and the duty factor of the AC voltage is controlled by the apply voltage control means, and the surface shape is changed by controlling the duty factor.

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

-----

Courtesy of <http://v3.espacenet.com>

(11)特許出願公開番号  
特開2001-249261  
(P2001-249261A)

(43)公開日 平成13年9月14日(2001.9.14)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	ページ* (参考)	
G 0 2 B	7/04	C 0 2 B	3/14	2 H 0 4 4
	3/14		15/00	2 H 0 5 1
	7/28	G 0 3 B	9/02	E 2 H 0 8 0
	15/00		11/00	2 H 0 8 3
G 0 3 B	3/04	C 0 2 B	7/04	Z 2 H 0 8 7

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 21 頁) 最終頁に続く

審査請求 未請求 請求項の数15 OL (全 21 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2000-58295(P2000-58295)	(71)出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	平成12年3月3日(2000.3.3)	(72)発明者	大貫 一朗 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
		(72)発明者	能登 悟郎 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
		(74)代理人	100105289 弁理士 長尾 達也

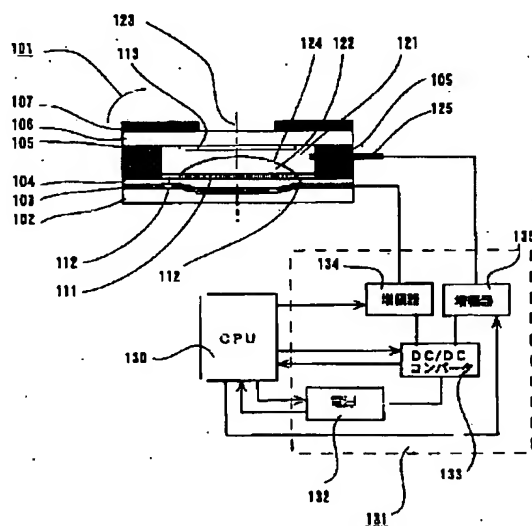
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光学装置

(57) 【要約】

【課題】電気毛管現象を利用した光学素子を駆動制御する際、簡略な駆動回路で構成することができ、その光学パワーを短時間で正確に制御し、少ない電力で駆動することが可能となる光学装置を提供する。

【解決手段】電圧の印加による界面形状の変化によって光学的特性が変化する光学素子を有する光学装置であって、前記界面形状を変化させるために前記容器に設けた電極に所定の交流電圧を印加する給電手段と、前記印加電圧を制御する印加電圧制御手段を有し、該印加電圧制御手段が前記交流電圧のデューティ比を制御する構成を備え、該デューティ比を制御することによって前記界面形状を変化させるように構成する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】導電性または有極性の第1の液体及び該第1の液体と互いに混合することのない第2の液体を、それらの界面が所定の形状をなした状態で容器内に密閉し、該容器に設けられた電極に対する電圧の印加による界面形状の変化によって光学的特性が変化する光学素子を有する光学装置であって、前記界面形状を変化させるために前記電極に所定の交流電圧を印加する給電手段と、印加する前記交流電圧を制御する印加電圧制御手段を有し、該印加電圧制御手段が前記交流電圧のデューティ比を制御する構成を備え、該デューティ比を制御することによって前記界面形状を変化させることを特徴とする光学装置。

【請求項2】前記給電手段が、ピーク電圧と周波数が実質上一定の矩形波である交流電圧を印加する構成を有することを特徴とする請求項1に記載の光学装置。

【請求項3】導電性または有極性の第1の液体及び該第1の液体と互いに混合することのない第2の液体を、それらの界面が所定の形状をなした状態で容器内に密閉し、該容器に設けられた電極に対する電圧の印加による界面形状の変化によって光学的特性が変化する光学素子を有する光学装置であって、前記界面形状を変化させるために前記電極に所定の交流電圧を印加する給電手段と、印加する前記交流電圧を制御する印加電圧制御手段を有し、該印加電圧制御手段が前記交流電圧の周波数を制御する構成を備え、該周波数を制御することによって前記界面形状を変化させることを特徴とする光学装置。

【請求項4】前記給電手段が、ピーク電圧とデューティ比が実質上一定の矩形波である交流電圧を印加する構成を有することを特徴とする請求項3に記載の光学素子。

【請求項5】導電性または有極性の第1の液体及び該第1の液体と互いに混合することのない第2の液体を、それらの界面が所定の形状をなした状態で容器内に密閉し、該容器に設けられた電極に対する電圧の印加による界面形状の変化によって光学的特性が変化する光学素子を有する光学装置であって、前記光学素子を通過した光束を観察あるいは記録に供するために用いる付加手段と、前記界面形状を変化させるために前記電極に所定の交流信号を印加する給電手段と、印加する前記交流信号を制御する給電制御手段と、前記付加手段の動作を制御する付加制御手段を有し、前記付加制御手段の制御状態に応じて、前記給電制御手段により前記交流信号の周波数を切り換えることを特徴とする光学装置。

【請求項6】前記給電制御手段は、前記光学素子への電圧印加開始時には前記交流電圧を第1の周波数とし、前記光学素子の変形が完了した後は前記交流電圧を第2の周波数に切り換えることを特徴とする請求項5に記載の光学装置。

【請求項7】前記付加手段は、撮影手段を有し、前記給電制御手段は該撮影手段が画像を記録するための撮影準備時には前記交流電圧を第2の周波数とし、前記撮影手段が画像を記録するための撮影時には前記交流電圧を第1の周波数に切り換えることを特徴とする請求項5または請求項6に記載の光学装置。

【請求項8】前記第1の液体及び第2の液体は、屈折率が実質的に異なり、それらの界面が前記電圧の無印加時に大きなR状をなした状態で、前記容器内に密閉されていることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の光学装置。

【請求項9】前記第1の液体及び第2の液体は、屈折率が実質的に等しく、それらの界面が前記電圧の無印加時に略フラットの形状をなした状態で、前記容器内に密閉されていることを特徴とする請求項1～7のいずれか1項に記載の光学装置。

【請求項10】前記電極が、第1の電極と前記第1の液体から絶縁された第2の電極とからなり、該第1の電極が前記第1の液体に導通するように設けられていることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の光学装置。

【請求項11】前記第1の電極が、前記容器の側面側から前記第1の液体に導通するように設けられていることを特徴とする請求項10に記載の光学装置。

【請求項12】前記第1の電極が、前記容器の上面側から前記第1の液体に導通するように設けられていることを特徴とする請求項10に記載の光学装置。

【請求項13】前記第2の電極が、前記容器の側面側に設けられていることを特徴とする請求項10に記載の光学装置。

【請求項14】前記第2の電極が、リング状の電極であって、前記第2の液体を取り囲むように配されていることを特徴とする請求項13に記載の光学装置。

【請求項15】前記リング状の電極は、光束の射出方向に向かって徐々に内径寸が変化する形状を有していることを特徴とする請求項14に記載の光学装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、エレクトロウェッティング（電気毛管現象）を利用した光学素子を含む光学装置に関し、特に該素子を駆動するための給電手段に関するものである。

【0002】

【従来の技術】スチルカメラ、ビデオカメラ等の光学装置に組込まれている光学系の内、焦点距離を変えられるものにおいて、そのほとんどが光学系を構成するレンズ（もしくはレンズ群）の一部を機械的に光軸方向に移動させる事により、光学系全体の焦点距離を変更している。例えば特許第2633079号公報では、ズーミングにより光軸方向に移動する1群レンズと、該1群レン

ズの移動の際に前記光軸方向に移動する1群鏡筒と、該1群鏡筒の移動により前記光軸方向に移動するカム筒とを有するズームレンズ鏡筒であって、前記1群鏡筒が固定筒の外径側に嵌合し、前記カム筒が前記固定筒の内径側に嵌合し、前記カム筒の前側の部分が前記1群鏡筒の内径側に嵌合することを特徴とした構成であって、前記カム筒を光軸方向に移動させる事で、該1群レンズを移動させてズーミング動作を行う。このように、機械的にレンズ（もしくはレンズ群）を光軸方向に移動させて焦点距離を変更する場合、光学装置の機械的構造が複雑になるという不具合が有る。

【0003】この不具合を解決するために、レンズそのものの光学特性を変化させる事によって焦点距離を可変にするものが有る。例えば特開平8-114703号公報では、少なくとも一面側が透明弾性膜によって構成された圧力室内に作動液を封入して、透明弾性膜に作用する作動液による圧力によって透明弾性膜を変形させて、焦点距離が可変制御されるようにした場合、透明弾性膜の変形形状がレンズ収差の発生が小さくなるように最適化されると共に、圧力室内の作動液の圧力を透明弾性膜に形成された圧力センサで計測し、その値を基に作動液の圧力を調整することにより、作動液の熱膨張及び収縮等による焦点距離の変動も抑制することができるようにした可変焦点レンズを提供している。

【0004】また特開平11-133210号公報では、第1電極と導電性弾性板との間に電位差を与えることにより、クーロン力による吸引力を発生させて両者の間隔を狭め、その結果、両者の間隔から排斥された透明液体の体積をもって、透明弾性板の中央部分を透明液体に背向して凸に突出して変形させることが可能となる。すると、凸状に変形した透明弾性板と透明板と両者の間を満たしている透明液体とで凸レンズが形成されるので、この凸レンズのパワーを上記電位差を調整することによって、可変焦点レンズを構成している。

【0005】一方、電気毛管現象を用いた可変焦点レンズが、WO99/18456にて開示されている。当技術を用いると、電気エネルギーを直接、第1の液体と第2の液体との界面が形成するレンズの形状変化に用いることができるため、レンズを機械的に移動させることなく可変焦点にする事が可能となる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記した従来の技術は、つぎのような点に問題を有している。例えば、上記した特開平8-114703号公報では、アクチュエータとして透明弾性膜上に形成した圧電素子によるユニモルフ機構が利用され、該アクチュエータを駆動するためのアクチュエータ制御装置の記載がある。しかし当公知技術は弾性変形部の剛性が高く、その結果、アクチュエータ駆動に大電力を要する欠点がある。また、上記した特開平11-133210号公報も同様

に、弾性変形部の剛性が高く、その結果、アクチュエータ駆動に大電力を要する欠点がある。また、上記したWO99/18456では、機械的な可動部がないために、少ない電力で光学パワーを変化させられるが、電源手段に詳しい記載がなく、光学パワーを精密にかつ低消費電力で制御するための技術は開示されていない。

【0007】そこで、本発明は、上記従来のものにおける課題を解決し、電気毛管現象を利用した光学素子を駆動制御する際、簡略な駆動回路で構成することができ、その光学パワーを短時間で正確に制御し、少ない電力で駆動することが可能となる光学装置を提供することを目的とするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、上記課題を達成するため、つぎの(1)～(15)のように構成した光学装置を提供するものである。

(1) 導電性または有極性の第1の液体及び該第1の液体と互いに混合することのない第2の液体を、それらの界面が所定の形状をなした状態で容器内に密閉し、該容器に設けられた電極に対する電圧の印加による界面形状の変化によって光学的特性が変化する光学素子を有する光学装置であって、前記界面形状を変化させるために前記電極に所定の交流電圧を印加する給電手段と、印加する前記交流電圧を制御する印加電圧制御手段を有し、該印加電圧制御手段が前記交流電圧のデューティ比を制御する構成を備え、該デューティ比を制御することによって前記界面形状を変化させることを特徴とする光学装置。

(2) 前記給電手段が、ピーク電圧と周波数が実質上一定の矩形波である交流電圧を印加する構成を有することを特徴とする上記(1)に記載の光学装置。

(3) 導電性または有極性の第1の液体及び該第1の液体と互いに混合することのない第2の液体を、それらの界面が所定の形状をなした状態で容器内に密閉し、該容器に設けられた電極に対する電圧の印加による界面形状の変化によって光学的特性が変化する光学素子を有する光学装置であって、前記界面形状を変化させるために前記電極に所定の交流電圧を印加する給電手段と、印加する前記交流電圧を制御する印加電圧制御手段を有し、該印加電圧制御手段が前記交流電圧の周波数を制御する構成を備え、該周波数を制御することによって前記界面形状を変化させることを特徴とする光学装置。

(4) 前記給電手段が、ピーク電圧とデューティ比が実質上一定の矩形波である交流電圧を印加する構成を有することを特徴とする上記(3)に記載の光学素子。

(5) 導電性または有極性の第1の液体及び該第1の液体と互いに混合することのない第2の液体を、それらの界面が所定の形状をなした状態で容器内に密閉し、該容器に設けられた電極に対する電圧の印加による界面形状の変化によって光学的特性が変化する光学素子を有する

光学装置であって、前記光学素子を通過した光束を観察あるいは記録に供するために用いる付加手段と、前記界面形状を変化させるために前記電極に所定の交流信号を印加する給電手段と、印加する前記交流信号を制御する給電制御手段と、前記付加手段の動作を制御する付加制御手段を有し、前記付加制御手段の制御状態に応じて、前記給電制御手段により前記交流信号の周波数を切り換えることを特徴とする光学装置。

(6) 前記給電制御手段は、前記光学素子への電圧印加開始時には前記交流電圧を第1の周波数とし、前記光学素子の変形が完了した後は前記交流電圧を第2の周波数に切り換えることを特徴とする上記(5)に記載の光学装置。

(7) 前記付加手段は、撮影手段を有し、前記給電制御手段は該撮影手段が画像を記録するための撮影準備時には前記交流電圧を第2の周波数とし、前記撮影手段が画像を記録するための撮影時には前記交流電圧を第1の周波数に切り換えることを特徴とする上記(5)または上記(6)に記載の光学装置。

(8) 前記第1の液体及び第2の液体は、屈折率が実質的に異なり、それらの界面が前記電圧の無印加時に大きなR状をなした状態で、前記容器内に密閉されていることを特徴とする上記(1)～(7)のいずれかに記載の光学装置。

(9) 前記第1の液体及び第2の液体は、屈折率が実質的に等しく、それらの界面が前記電圧の無印加時に略フラットの形状をなした状態で、前記容器内に密閉されていることを特徴とする上記(1)～(7)のいずれかに記載の光学装置。

(10) 前記電極が、第1の電極と前記第1の液体から絶縁された第2の電極とからなり、該第1の電極が前記第1の液体に導通するように設けられていることを特徴とする上記(1)～(9)のいずれかに記載の光学装置。

(11) 前記第1の電極が、前記容器の側面側から前記第1の液体に導通するように設けられていることを特徴とする上記(10)に記載の光学装置。

(12) 前記第1の電極が、前記容器の上面側から前記第1の液体に導通するように設けられていることを特徴とする上記(10)に記載の光学装置。

(13) 前記第2の電極が、前記容器の側面側に設けられていることを特徴とする上記(10)に記載の光学装置。

(14) 前記第2の電極が、リング状の電極であって、前記第2の液体を取り囲むように配されていることを特徴とする上記(13)に記載の光学装置。

(15) 前記リング状の電極は、光束の射出方向に向かって徐々に内径寸が変化する形状を有していることを特徴とする上記(14)に記載の光学装置。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態においては、上記した構成を適用して、界面形状を変化させるための電極に所定の交流電圧を印加する給電手段と、印加電圧を制御する印加電圧制御手段と、該印加電圧制御手段を前記交流電圧のデューティ比を制御するように構成し、印加電圧のデューティ比を変えることで、光学素子への印加電圧実効値を制御し、光学素子の光学特性を正確に制御することが可能となる。また、前記給電手段によって、ピーク電圧と周波数が実質上一定の矩形波である交流電圧を印加するように構成することで、簡単なデジタル制御回路で光学素子への印加電圧実効値を制御し、光学素子の光学特性を正確に制御することが可能となる。また、界面形状を変化させるための電極に所定の交流電圧を印加する給電手段と、印加電圧を制御する印加電圧制御手段と、該印加電圧制御手段を前記交流電圧の周波数を制御するように構成し、印加電圧の周波数を変えることで、光学素子への入力電力に対する界面変形のエネルギー変換効率を制御し、光学素子の光学特性を正確に制御することが可能となる。また、前記給電手段によって、ピーク電圧とデューティ比が実質上一定の矩形波である交流電圧を印加するように構成することで、簡単なデジタル制御回路で、光学素子への入力電力に対する界面変形のエネルギー変換効率を制御し、光学素子の光学特性を正確に制御することが可能となる。また、前記界面形状を変化させるために前記電極に所定の交流電圧を印加する給電手段と、前記印加電圧を制御する印加電圧制御手段を有し、該印加電圧制御手段が前記交流電圧の周波数を制御する構成を備え、該周波数を制御することによって前記界面形状を変化させるように構成することで、光学素子の界面の変形制御の仮定に応じて、該光学素子に印加する電圧の周波数を切り換えることが可能となる。また、給電制御手段を、前記光学素子への電圧印加開始時には前記交流電圧を第1の周波数とし、前記光学素子の変形が完了した後は前記交流電圧を第2の周波数に切り換えるように構成することで、光学素子の界面を変形させる際には第1の周波数で、該界面の変形が完了してその形状を維持する際には第2の周波数で駆動することが可能となる。付加手段は、撮影手段を有し、前記給電制御手段は該撮影手段が画像を記録するための撮影準備時には前記交流電圧を第2の周波数とし、前記撮影手段が画像を記録するための撮影時には前記交流電圧を第1の周波数に切り換えるように構成することで、光学装置が撮影準備段階にある時は光学素子を第1の周波数で駆動し、撮影準備段階から撮影動作に移行する場合は撮影動作の前に第2の周波数に切り換えて駆動することが可能となる。

【0010】

【実施例】以下に、本発明の実施例について説明する。

【実施例1】図1ないし図11は本発明の実施例1の構成を説明するための図であり、図2は本実施例の光学素

子の構成を示す断面図である。図2を用いて、まず、本実施例の光学素子の構成と作成方法を説明する。図2において、101は本発明の光学素子全体を示し、102は中央に凹部を設けた透明アクリル製の透明基板である。透明基板102の上面には、酸化インジウムスズ製の透明電極(ITO)103がスパッタリングで形成され、その上面には透明アクリル製の絶縁層104が密着して設けられる。絶縁層104は、前記透明電極103の中央にレプリカ樹脂を滴下し、ガラス板で押しつけて表面を平滑にした後、UV照射を行ない硬化させて形成する。絶縁層104の上面には、遮光性を有した円筒型の容器105が接着固定され、その上面には透明アクリル製のカバー板106が接着固定され、更にその上面には中央部に直径D3の開口を有した絞板107が配置される。以上の構成において、絶縁層104、容器105及び上カバー106で囲まれた所定体積の密閉空間、すなわち液室を有した筐体が形成される。そして液室の壁面には、以下に示す表面処理が施される。

【0011】まず絶縁層104の中央上面には、直径D1の範囲内に撥水処理剤が塗布され、撥水膜111が形成される。撥水処理剤は、フッ素化合物等が好適である。また、絶縁層104上面の直径D1より外側の範囲には、親水処理剤が塗布され、親水膜112が形成される。親水剤は、界面活性剤、親水性ポリマー等が好適である。一方、カバー板106の下面には、直径D2の範囲内に親水処理が施され、前記親水膜112と同様の性質を有した親水膜113が形成される。そしてこれまでに説明したすべての構成部材は、光軸123に対して回転対称形状をしている。更に、容器105の一部には孔がけられ、ここに棒状電極125が挿入され、接着剤で封止されて前記液室の密閉性を維持している。そして透明電極103と棒状電極125には給電手段126が接続され、スイッチ127の操作で両電極間に所定の電圧が印加可能になっている。

【0012】以上の構成の液室には、以下に示す2種類の液体が充填される。まず絶縁層104上の撥水膜111の上には、第2の液体122が所定量だけ滴下される。第2の液体122は無色透明で、比重1.06、室温での屈折率1.49のシリコンオイルが用いられる。一方液室内の残りの空間には、第1の液体121が充填される。第1の液体121は、水とエチルアルコールが所定比率で混合され、更に所定量の食塩が加えられた、比重1.06、室温での屈折率1.38の電解液である。すなわち、第1及び第2の液体は、比重が等しく、かつ互いに不溶の液体が選定される。そこで両液体は界面124を形成し、混じりあわずに各々が独立して存在する。

【0013】次に前記界面の形状について説明する。まず、第1の液体に電圧が印加されていない場合、界面124の形状は、両液体間の界面張力、第1の液体と絶縁

層104上の撥水膜111あるいは親水膜112との界面張力、第2の液体と絶縁層104上の撥水膜111あるいは親水膜112との界面張力、及び第2の液体の体積で決まる。当実施例においては、第2の液体122の材料であるシリコンオイルと、撥水膜111との界面張力が相対的に小さくなるように材料選定されている。すなわち両材料間の濡れ性が高いため、第2の液体122が形成するレンズ状液滴の外縁は広がる性向を持ち、外縁が撥水膜111の塗布領域に一致したところで安定する。すなわち第2の液体が形成するレンズ底面の直径A1は、撥水膜111の直径D1に等しい。一方両液体の比重は前述のごとく等しいため、重力は作用しない。そこで界面124は球面になり、その曲率半径及び高さh1は第2の液体122の体積により決まる。また、第1の液体の光軸上の厚さはt1になる。

【0014】一方、スイッチ127が閉操作され、第1の液体121に電圧が印加されると、電気毛管現象によって第1の液体121と親水膜112との界面張力が減少し、第1の液体が親水膜112と疎水膜122の境界を乗り越えて疎水膜122内に侵入する。その結果、図3のごとく、第2の液体が作るレンズの底面の直径はA1からA2に減少し、高さはh1からh2に増加する。また、第1の液体の光軸上の厚さはt2になる。このように第1の液体121への電圧印加によって、2種類の液体の界面張力の釣り合いが変化し、両液体間の界面の形状が変わる。よって、給電手段126の電圧制御によって界面124の形状を自在に変えられる光学素子が実現できる。また、第1及び第2の液体が異なっている屈折率を有しているため、光学レンズとしてのパワーが付与される事になるから、光学素子101は界面124の形状変化によって可変焦点レンズとなる。さらには、図2に比べて図3の界面124の方が曲率半径が短くなるので、図3の状態の光学素子101の方が図2の状態に比べて光学素子101の焦点距離は短くなる。

【0015】図4は、給電手段126より直流電圧を発生させた時の、光学素子101の界面124の変形過程を概念的に説明する図である。同図(a)において、時刻 $t_0$ に光学素子101に対して電圧値 $V_0$ のステップ状の直流電圧を印加する。この時、光学素子101の界面は同図(b)に示す曲線のような応答を示す。すなわち所定の時定数で立ち上がり、時刻 $t_{1/2}$ において最終変形量 $\delta_0$ の95%値に到達し、更に $\delta_0$ に向かって漸近するが、電圧が印加されているにもかかわらず、その後変形量は減少する。これは図3において、絶縁層104内に徐々に電荷が注入され、電気毛管現象が減じられることに起因する。この現象を回避するため、給電手段126に50ないし3kHz程度の交流電源を用いれば良いことが、Comptes Rendus des Seances de l'Academie des Sciences 317(1993)の158ページに記載さ



れている。なお、 $\delta$ は界面変形の量を概念的に表わしたもので、界面の高さや接触角を直接的に表わす数値ではなく、電気毛管現象の強さを意味している。

【0016】図5は、給電手段126より交流電圧を発生させた時の、光学素子101の界面124の変形過程を概念的に説明する図である。同図(a)において、時刻 $t_0$ に光学素子101に対して最大電圧 $V_0$ で所定周波数の正弦波状交流電圧を印加すると光学素子101の界面は同図(b)に示す曲線のような応答を示す。すなわち図4と同様に所定の時定数で立ち上がり、時刻 $t_{12}$ において最終変形量 $\delta_{\text{ sine }}$ の95%値に到達する。そして時間の経過と共に $\delta_{\text{ sine }}$ に向かって漸近し、その後変形量が減少することはない。

【0017】以上のように、光学素子101は、給電手段の駆動周波数によって、界面変形時の応答特性が異なる。そこで、給電手段から出力される電圧の周波数と光学素子101の界面124の変形応答を概念的に示したものが図6である。当図において、横軸は給電手段から光学素子101に供給される交流電圧の周波数、縦軸は給電開始時の界面変形速度、給電開始から充分な時間が経過した時の界面変形量、及び給電手段が消費する電力である。

【0018】当図によると、駆動周波数が $f_1$ の時は前記図4の現象が生じて所定の変形量が得られないので、光学素子101の光学状態を正確に制御するには不適である。駆動周波数が $f_2$ の時は所定の変形量は得られるが、変形(応答)速度は比較的遅い。駆動周波数が $f_3$ の時は所定の変形量が得られ、かつ変形速度も速い。駆動周波数が $f_4$ の時は所定の変形量が得られなくなる。これは、光学素子は所定の静電容量を有するコンデンサと見なせるが、透明電極103の抵抗や電解液122のイオン易動度が有限値を持つため、駆動周波数が高周波になると光学素子101への電荷注入がさまたげられて電気毛管現象が効果的に発現しなくなるためである。すなわち光学素子101を効果的に制御するためには、これを駆動するための電源条件を適切に設定することが必要である。

【0019】図7及び図8は本発明の実施例1の給電手段に係わる説明図であり、図7は本実施例の光学素子の断面と給電手段の構成を示す図である。図7において、130は後述する光学装置150全体の動作を制御する中央演算処理装置(以下CPUと略す)で、ROM、RAM、EEPROM、A/D変換機能、D/A変換機能、PWM(Pulse Width Modulation)機能を有する1チップマイコンである。131は光学素子101へ電圧を印加するための給電手段であり、以下その構成を説明する。

【0020】132は光学装置150に組込まれている乾電池等の直流電源、133は電源132から出力された電圧をCPU130の制御信号に応じて所望の電圧値

へと昇圧するDC/DCコンバータ、134及び135はCPU130の制御信号、例えばPWM(Pulse Width Modulation)機能を実現される周波数/デューティ比可変信号に応じて、その信号レベルをDC/DCコンバータ133で昇圧された電圧レベルにまで増幅する増幅器である。また、増幅器134は光学素子101の透明電極103に、増幅器135は光学素子101の棒状電極125にそれぞれ接続している。

【0021】つまり、CPU130の制御信号に応じて、電源132の出力電圧がDC/DCコンバータ133、増幅器134、増幅器135によって所望の電圧値、周波数、及びデューティで光学素子101に印加されるようになる。

【0022】図8は増幅器134及び135から出力される電圧波形を説明する図である。なお、DC/DCコンバータ133から増幅器134及び135へそれぞれ100Vの電圧が出力されたものとして以下説明を行う。図8の(a)にも示したように、増幅器134及び135はそれぞれ光学素子101に接続している。増幅器134からは、図8(b)に示すようにCPU130の制御信号により所望の周波数、デューティ比で矩形波の電圧が出力される。一方増幅器135からは、図8(c)に示したようにCPU130の制御信号により、増幅器134とは逆位相で、同一周波数、同一デューティ比の矩形波の電圧が出力される。これにより、光学素子101の透明電極103及び棒状電極125間に印加される電圧は図8(d)に示すように $\pm 100$ Vの矩形波の電圧、つまり交流電圧となる。よって、給電手段131によって光学素子101には交流電圧が印加されることになる。

【0023】また光学素子101に印加される電圧の印加開始からの実効値は図8(e)の様に表す事が出来る。なお、上記説明中、増幅器134及び135から矩形波の電圧が出力されるものとして説明したが、正弦波でも同様の構成となる事は言うまでもない。また、上記説明中、光学装置150に電源132が組込まれた場合について説明を行ったが、外付けの電源や給電手段によって光学素子101に交流印加される場合でも良い。

【0024】図9は、光学素子101を光学装置に応用したものである。当実施例では、光学装置150は静止画像を撮像手段で電気信号に光電変換し、これをデジタルデータとして記録する、いわゆるデジタルスチルカメラを例として説明する。140は複数のレンズ群からなる撮影光学系で、第1レンズ群141、第2レンズ群142、及び光学素子101で構成される。第1レンズ群141の光軸方向の進退で、焦点調節がなされる。光学素子101のパワー変化でズームングがなされる。なお、撮影光学系のズームングを行なうには、通常は複数レンズ群のパワー変化や群の移動が必要であるが、当図

では簡便のために光学素子101のパワー変化でズーム動作を代表させている。第2レンズ群142は移動しないリレーレンズ群である。そして、第1レンズ群141と第2レンズ群142の間に光学素子101が配置され、第1レンズ群141と光学素子101との間には、公知の技術によって絞り開口径を調整して撮影光束の光量を調整する絞りユニット143が配置されている。また撮影光学系140の焦点位置（予定結像面）には、撮像手段144が配置される。これは照射された光エネルギーを電荷に変換する複数の光電変換部、該電荷を蓄える電荷蓄積部、及び該電荷を転送し、外部に送出する電荷転送部からなる2次元CCD等の光電変換手段が用いられる。

【0025】145は画像信号処理回路で、撮像手段144から入力したアナログの画像信号をA/D変換し、AGC制御、ホワイトバランス、 $\gamma$ 補正、エッジ強調等の画像処理を施す。146は光学装置150の環境温度（気温）を測定する温度センサーである。147はCPU130の内部のメモリ領域に設けられたルックアップテーブルで、光学素子101の光学パワーを所定値に制御するために必要な給電手段131の出力電圧のデューティ比データが、対応表の形態で記憶されている。151は液晶ディスプレイ等の表示器で、撮像手段144で取得した被写体像や、可変焦点レンズを有する光学装置の動作状況を表示する。152はCPU130をスリープ状態からプログラム実行状態に起動するメインスイッチ、153はズームスイッチで、撮影者のズームスイッチ操作に応じて後述する変倍動作を行ない、撮影光学系140の焦点距離を変える。154は上記スイッチ以外の操作スイッチ群で、撮影準備スイッチ、撮影開始スイッチ、シャッター秒時等を設定する撮影条件設定スイッチ等で構成される。

【0026】155は焦点検出手段で、一眼レフカメラに用いられる位相差検出式焦点検出手段等が好適である。156はフォーカス駆動手段で、第1レンズ群141を光軸方向に進退させるアクチュエータとドライバ回路を含み、前記焦点検出手段155で演算したフォーカス信号に基づいてフォーカス動作を行ない、撮影光学系140の焦点状態を調節する。157はメモリ手段で、撮影された画像信号を記録する。具体的には、着脱可能なPCカード型のフラッシュメモリ等が好適である。

【0027】図10は、図9に示した光学装置150が有するCPU130の制御フロー図である。以下、図9及び図10を用いて光学装置150の制御フローを説明する。ステップS101において、メインスイッチ152がオン操作されたかどうかを判別し、オン操作されていない時は、そのまま各種スイッチの操作を待つ待機モードの状態である。ステップS101においてメインスイッチ152がオン操作されたと判定されたら、待機モードを解除し、次のステップS102以降へと進む。

【0028】ステップS102では、温度センサー146によって光学装置150が置かれている環境温度、つまり光学装置150の周囲の気温を測定する。ステップS103では、撮影者による撮影条件の設定を受け付ける。例えば、露出制御モードの設定（シャッター優先AE、プログラムAE等）や画質モード（記録画素数の大小、画像圧縮率の大小等）、ストロボモード（強制発光、発光禁止等）等の設定を行う。

【0029】ステップS104では、撮影者によってズームスイッチ153が操作されたか否かを判別する。オン操作されていない場合はステップS105に進む。ここでズームスイッチ153が操作された場合は、ステップS121に移行する。ステップS121では、ズームスイッチ153の操作量（操作方向やオン時間等）を検出する。ステップS122では、その操作量に基いて撮影光学系140の焦点距離制御目標値を演算する。ステップS123では、CPU130内のルックアップテーブル147より、上記焦点距離制御目標値に対応する、光学素子101への印加電圧のデューティ比を読み出す。該デューティ比に対する光学素子101の変形量は、図1及び図11を用いて後述する。ステップS124では、上記デューティ比にて給電手段131より光学素子101へ給電を開始し、ステップS103に戻る。すなわちズームスイッチ153の操作が継続中は、該操作量に応じた所定デューティ比の信号が光学素子101に印加され、ズームスイッチ153のオン操作が終了した時点でステップS105へと移行する。

【0030】ステップS105では、撮影者によって操作スイッチ群154のうち、撮影準備スイッチ（図10のフローチャートではSW1と表記）のオン操作が行われたか否かを判別する。オン操作されていない場合はステップS103に戻り、撮影条件設定の受付や、ズームスイッチ153の操作の判別を繰り返す。ステップS105で撮影準備スイッチがオン操作されたと判定されたら、ステップS111へ移行する。

【0031】ステップS111では、撮像手段144及び信号処理回路145を駆動して、プレビュー画像を取得する。プレビュー画像とは、最終記録用画像の撮影条件を適切に設定するため、及び撮影者に撮影構図を把握させるために撮影前に取得する画像の事である。ステップS112では、ステップS111で取得したプレビュー画像の受光レベルを認識する。具体的には、撮像手段144が出力する画像信号において、最高、最低及び平均の出力信号レベルを演算し、撮像手段144に入射する光量を認識する。

【0032】ステップS113では、前記ステップS112で認識した受光量に基いて、撮影光学系140内に設けられた絞りユニット143を駆動して適正光量になるように絞りユニット143の開口径を調整する。ステップS114では、ステップS111で取得したプレビ

ユー画像を表示器151に表示する。続いてステップS115では、焦点検出手段155を用いて撮影光学系140の焦点状態を検出する。続いてステップS116では、フォーカス駆動手段156により、第1レンズ群141を光軸方向に進退させて合焦動作を行なう。その後、ステップS117に進み、撮影スイッチ（フロー図10では、SW2と表記）のオン操作がなされたか否かを判別する。オン操作されていない時はステップS111に戻り、プレビュー画像の取得からフォーカス駆動までのステップを繰り返し実行する。以上のごとく、撮影準備動作を繰り返し実行している最中に、撮影者が撮影スイッチをオン操作すると、ステップS117からステップS131にジャンプする。

【0033】ステップS131では撮像を行なう。すなわち撮像手段144上に結像した被写体像を光電変換し、光学像の強度に比例した電荷が各受光部近傍の電荷蓄積部に蓄積される。ステップS132では、ステップS131で蓄積された電荷を電荷転送ラインを介して読み出し、読み出しされたアナログ信号を信号処理回路145に入力させる。ステップS133では、信号処理回路145において、入力したアナログ画像信号をA/D変換し、AGC制御、ホワイトバランス、 $\gamma$ 補正、エッジ強調等の画像処理を施し、さらに必要に応じてCPU130内に記憶された画像圧縮プログラムでJPEG圧縮等を施す。ステップS134では、上記ステップS133で得られた画像信号をメモリ157に記録する。ステップS135では、まずステップS114で表示されたプレビュー画像を消去し、ステップS133で得られた画像信号を表示器151に改めて表示する。ステップS136では、給電手段131からの給電出力を停止し、ステップS137にて一連の撮影動作が終了する。

【0034】次に図1及び図11を用いて前記図10のステップS123における作用を説明する。図11は、光学素子101の界面124に大きな変形を与え、光学素子101の焦点距離を短くする場合の給電手段の制御方法とその効果を説明する図である。同図(a)は、給電手段131から出力され、光学素子101へ印加される電圧波形で、その定義は図8(d)で説明したものと同様である。この波形は、ピーク電圧が $\pm V_0$  [V]、周波数1kHz、デューティ比が100%の矩形波の交流電圧である。この時、光学素子101へ印加される実効電圧は図11(b)のように $V_0$ となり、界面124の変形は図11(c)に示すごとく、所定の変形量 $\delta_1$ で静定する。

【0035】図1は、光学素子101の界面124に与える変形量が図11よりも小さな場合の、給電手段の制御方法とその効果を説明する図である。同図(a)は、給電手段131から出力され、光学素子101へ印加される電圧波形である。この波形は、ピーク電圧が図11と同様の $\pm V_0$  [V]、周波数も同様の1kHz、デューティ比が50%の矩形波の交流電圧である。この時、光学素子101へ印加される実効電圧は図1(b)のように $0.5V_0$ となり、界面124の変形は図1(c)に示すごとく、図11の変形量の約半分、すなわち $0.5\delta_1$ で静定する。

【0036】すなわち本実施例では、給電手段から出力される駆動電圧のピーク電圧と周波数は常に一定で、デューティ比を可変とすることで、光学素子101へ供給される実効電圧を制御し、界面124の変形量を制御している。そしてこの駆動周波数は本実施例では1kHzとしたが、これは図6の $f_3$ 付近の周波数に相当する。この様な周波数を選択することで、光学素子101の光学パワーを高速に、かつ安定して変化させる事が可能である。

【0037】上記実施例1によれば、(1)給電手段から出力される駆動電圧のピーク値と周波数を固定し、デューティ比のみを可変とすることで、給電手段の構成が簡単で済み、マイコン等を用いたデジタル制御に適した給電手段を提供できる。その結果、安価な制御回路で光学素子の光学特性を正確に制御可能となること。

(2)給電手段の出力周波数を、光学素子の絶縁層への電荷注入が生じる周波数より高く、かつインピーダンスの増加による電荷移動が阻害される周波数より低い周波数を選定したため、界面を安定的に変形させることが可能であること。等が達成される。なお、本実施例では光学装置の一例として、画像を光電変換してそのデータを記録するデジタルスチルカメラを取り挙げたが、ビデオカメラや、画像を銀塩フィルムに記録する銀塩カメラ等にも効果を損なわずに適用できる事は言うまでもない。

【0038】[実施例2] 前述の実施例1は、ピーク電圧と周波数が一定の交流電圧を光学素子に印加し、その交流信号のデューティを変える事で光学素子の界面を所望の形状に変える実施形態であった。これに対して、実施例2では、ピーク電圧とデューティが一定の交流電圧を光学素子に印加し、その交流信号の周波数を変える事で光学素子の界面を所望の形状に変える実施例を示す。

【0039】図12ないし図15は本実施例を説明するための図であり、図12は本実施例の光学装置の構成を示す図で、実施例1と同様の光学素子101や給電手段131を備えたデジタルスチルカメラ250を示す図である。

【0040】本実施例の光学装置250が実施例1の光学装置150と異なる部分は、CPU230が有するロックアップテーブル247には、光学素子101の光学パワーを所定値に制御するために必要な給電手段131の出力周波数データが対応表の形態で記憶されている点である。これ以外は実施例1と同様の構成と作用をなすため、くわしい説明は省略する。

【0041】図13は実施例2の光学装置250が有するCPU230の制御フロー図である。当フロー図が実

施例1における図10のフロー図と異なる部分は、前記ルックアップテーブル247からのデータ読み出し部分のみである。以下、この変更部分のみを説明する。ステップS204では、撮影者によってズームスイッチ153が操作されたか否かを判別し、該スイッチ153が操作された場合は、ステップS221に移行する。

【0042】ステップS221では、ズームスイッチ153の操作量（操作方向やオン時間等）を検出する。ステップS222では、その操作量に基いて撮影光学系140の焦点距離制御目標値を演算する。ステップS223では、CPU230内のルックアップテーブル247より、上記焦点距離制御目標値に対応した、光学素子101へ印加される給電信号の周波数を読み出す。該周波数に対する光学素子101の変形量は、図14及び図15を用いて説明する。ステップS224では、上記周波数にて給電手段131より光学素子101へ給電を開始し、ステップS203に戻る。

【0043】次に図14及び図15を用いて前記図13のステップS223における作用を説明する。図14は、光学素子101の界面124に大きな変形を与え、光学素子101の焦点距離を短くする場合の給電手段の制御方法とその効果を説明する図である。同図(a)は、給電手段131から出力され、光学素子101へ印加される電圧波形で、その定義は図8(d)あるいは図1(a)及び図11(a)で説明したものと同様である。この波形は、ピーク電圧が $\pm V_0$  [V]、周波数2 kHz、デューティ比が100%の矩形波交流電圧である。この時、光学素子101へ印加される実効電圧は図11(b)のように $V_0$ となり、界面124の変形は図11(c)に示すごとく、所定の変形量 $\delta_2$ で静定する。

【0044】図15は、光学素子101の界面124に与える変形量が図14よりも小さな場合の、給電手段の制御方法とその効果を説明する図である。同図(a)は、給電手段131から出力され、光学素子101へ印加される電圧波形である。この波形は、ピーク電圧が図14と同様の $\pm V_0$  [V]、デューティ比も同様の100%、周波数は2倍の4 kHzの矩形波交流電圧である。この時、光学素子101へ印加される実効電圧は図14(b)と同じく $V_0$ となるが、界面124の変形は図15(c)に示すごとく、図14の変形量の約半分、すなわち $0.5\delta_2$ で静定する。

【0045】これは当実施例が図6の $f_1$ 付近の周波数を用いているためである。すなわち、給電電圧を所定値よりも高周波にすると、光学素子101には界面124を変形させるための電荷が供給されにくくなり、電気毛管現象の発現が抑制されるためである。従って、駆動周波数の増加とともに界面124の変形量が低下するため、駆動周波数を制御することで光学素子101の光学パワーを所望の値に制御する事が可能である。

【0046】上記実施例2によれば、(1)給電手段から出力される駆動電圧のピーク値とデューティ比を固定し、周波数のみを可変とすることで、給電手段の構成が簡単で済み、マイコン等を用いたデジタル制御に適した制御手段を提供できる。その結果、安価な制御回路で光学素子の光学特性を正確に制御可能となること。

【0047】(2)給電手段の出力周波数を、光学素子への電荷移動が阻害される周波数より高い周波数を選定したため、周波数の変化で界面を正確かつ連続的に変形させる事が可能であること。等が達成される。なお、本実施例でも光学装置の一例としてデジタルスチルカメラを取り挙げたが、それ以外のビデオカメラや銀塩カメラ等にも効果を損なわずに適用できる事は言うまでもない。

【0048】[実施例3]図16ないし図21は本発明の実施例3を説明するための図であり、図16及び図17は本実施例に用いられる光学素子及び給電手段に係わる説明図である。図16は本実施例の光学素子の構成を示す断面と、これを駆動する給電手段の構成を示す図である。図16を用いて光学素子の構成を説明する。図16において、801は本実施例の光学素子全体を示し、802は円盤形の透明アクリルあるいはガラス製の第1の封止板である。803は電極リングで、外径寸法は均一、内径寸法は下方方向に向かって徐々に直径が変化する。すなわち当実施例では内径寸法は下方方向に向かって徐々に直径が大きくなる金属製のリング状部材である。該電極リング803の内面全周にはアクリル樹脂等でできた絶縁層804が密着形成される。該絶縁層804の内径寸法は均一なため、厚さは下に向かって徐々に増加する。そして該絶縁層804の内面全周の下側には撥水处理剤が塗布され、撥水膜811が形成されるとともに、絶縁層804の内面全周の上側には親水处理剤が塗布され、親水膜812が形成される。

【0049】806は円盤形の透明アクリルあるいはガラス製の第2の封止板で、その一部には孔がけられ、ここに棒状電極825が挿入され、接着剤で封止される。807は、光学素子801に入射する光束の径を制限する絞板で、第2の封止板806の上面に固設される。そして第1の封止板802、金属リング803及び第2の封止板806は互いに接着固定され、これらの部材で囲まれた所定体積の密閉空間、すなわち液室を有した筐体が形成される。この筐体は、前記棒状電極825挿入部以外は光軸823に対して軸対称形状をなしている。そして該液室には、以下に示す2種類の液体が充填される。

【0050】まず、液室の底面側には、第2の液体822が、その液柱の高さが前記撥水膜811形成部と同一の高さになる分量だけ滴下される。第2の液体822は無色透明で、比重1.06、室温での屈折率1.38のシリコンオイルが用いられる。続いて液室内の残りの空

間には、第1の液体821が充填される。第1の液体821は、水とエチルアルコールが所定比率で混合され、更に所定量の食塩が加えられた、比重1.06、室温での屈折率1.38の電解液である。更に第1の液体821には無彩色の水溶性染料、例えばカーボンブラックや、酸化チタン系の材料が加えられる。すなわち、第1及び第2の液体は、比重と屈折率が等しく、光線吸収率が異なり、かつ互いに不溶の液体が選定される。そこで両液体は界面824を形成し、混じりあわずに各々が独立して存在する。そしてこの界面824の形状は、液室内壁、第1の液体及び第2の液体の3物質が交わる点、すなわち界面824の外縁部に働く3つの界面張力の釣り合いで決まる。本実施例においては、液室内壁に対する第1及び第2の液体の接触角がいずれも90度になるよう、前記撥水膜811及び親水膜812の材料が選定される。

【0051】131は図1に記載された給電手段131と同一の構成及び作用をなす部材であるため、詳しい説明は省略する。給電手段131の増幅器134は金属リング803に接続され、増幅器135は棒状電極825に接続される。この構成において、第1の液体821には棒状電極825を介して電圧が印加され、エレクトロウエット効果によって界面824が変形する。

【0052】次に、光学素子801の前記界面824の変形と、該変形によってもたらされる光学作用について、図17を用いて説明する。まず、第1の液体821に電圧が印加されていない場合、界面824の形状は上述したように平坦となる(図17(a))。ここで、第2の液体は実質上透明であるが、第1の液体は添加された光吸収性材料のために所定の光線吸収率を有する。そこで、絞り板807の開口から光束を入射させると、第1の液体の光路長に応じた分だけ光線が吸収され、第2の封止板802から射出する光束の強度は一律に低下する。

【0053】一方、第1の液体に電圧を印加すると、界面824の形状はエレクトロウエット効果で球面となる(図17(b))。そこで、絞り板807の開口から入射した光束は、第1の液体の光路長変化に応じた割合で吸収率も変化し、第2の封止板802から射出する光束の強度は、中央から周辺に向かって漸減し、その平均強度は同図(a)の場合よりも高い。すなわち給電手段131の電圧制御によって界面824の形状を変えることにより、透過光量を自在に変えられる光学素子が実現できる。また、第1及び第2の液体の屈折率が等しく、入射した光束はその方向を変えずに射出光の強度のみが変えられるため、入射光束の光量を調節する絞り手段や、入射光束を透過・遮断する光シャッタに用いることができる。

【0054】なお、エレクトロウエットによる2液界面の変形原理は前述した国際特許WO99/184

56に記載されており、本実施例の界面824は、同特許の図6に記載された2液界面のポジションA及びBに相当する。また、2液界面の変形による入射光束の透過光量調節原理とその効果は、本出願人による特願平11-169657号公報に記載されている。

【0055】図18は、光学素子801を光学装置に応用したものである。当実施例では、実施例1と同様に、光学装置150は静止画像を撮像手段で電気信号に光電変換し、これをデジタルデータとして記録する、いわゆるデジタルスチルカメラを例として説明する。なお、実施例1と同様なものについては、その詳細な説明は省略する。

【0056】図18において、430は複数のレンズ群からなる撮影光学系で、第1レンズ群431、第2レンズ群432、第4レンズ群433で構成される。第1レンズ群431の光軸方向の進退で、焦点調節がなされる。第2レンズ群432の光軸方向の進退で、ズミングがなされる。第4レンズ群433は移動しないリレーレンズ群である。そして、第2レンズ群432と第4レンズ群433の間に光学素子801が配置される。撮影光学系440の焦点位置(予定結像面)には、撮像手段144が配置される。

【0057】次に当実施例における光学素子801の作用を説明する。自然界に存在する被写体の輝度のダイナミックレンジは非常に大きく、これを所定範囲に収めるために、通常は撮影光学系内部に機械式絞り機構を有し、撮影光束の光量を調節している。しかしながら、機械式絞り機構は小さくする事は困難で、かつ絞り開口部が小さい小絞り状態では、絞り羽根端面による光線の回折現象で、被写体像の解像力が低下する。そこで当実施例では、光学素子801を前記機械式絞り機構を代用する可変NDフィルタとして用いることで、上記欠点を生ずること無く、撮影光学系を通過する光量を適切に調節する。

【0058】図19は、図18に示した光学装置350が有するCPU330の制御フロー図である。以下、図18及び図19を用いて光学装置350の制御フローを説明する。なお、実施例1と同様な制御フローについてはその詳細な説明を省略する。ステップS301では、撮影者によりメインスイッチ152がオン操作されたか否かを判別し、オン操作されていない時はステップS301に留まる。ステップS301でメインスイッチ152がオン操作されたと判定されたら、CPU330はスリープ状態から脱してステップS302以降を実行する。

【0059】ステップS302では実施例1と同様に、温度センサー146によって光学装置350が置かれている環境温度、つまり光学装置350の周囲の気温を測定する。ステップS303では、撮影者による撮影条件の設定を受け付ける。ステップS304では、撮影者に

よる撮影準備スイッチ（フロー図では、SW1と表記）のオン操作がなされたか否かを判別する。オン操作されていない時はS303に戻り、撮影条件設定の受付の判別を繰り返す。

【0060】ステップS304で撮影準備スイッチがオン操作されたと判定されたら、ステップS311へ移行する。ステップS311及びステップS312は実施例1と同様なので、その説明を省略する。ステップS313では、前記ステップS312で判定した受光量が適正か否かを判別する。そして当ステップで適正と認識されたら、ステップS314に進む。

【0061】一方ステップS313において、前記ステップS312で判定した受光量が適正でないと判別されたら、ステップS321にジャンプする。ステップS321では、実際の受光量と適正な受光量を比較し、撮影光学系430内の光学素子801に与えるべき適正透過率を演算する。ステップS322ではステップS321で演算した適正透過率を得るために、光学素子801に印加する電圧を演算する。具体的には、CPU330のROMには、印加電圧に対する透過率の関係がルックアップテーブル347として記憶されているので、該テーブルを参照し、ステップS321で演算した透過率に対する印加電圧 $V_3$ を求める。すなわち、光学素子の界面変形量を制御するために、実施例1では給電手段からの交流出力のデューティ比を、実施例2では周波数を切り換えていたが、実施例3ではピーク電圧を切り換えている。

【0062】ステップS323では、給電手段よりピーク電圧が $\pm V_3$ で、第1の周波数の交流電圧を光学素子801に印加する。ここで当実施例では、第1の周波数は1kHzに設定されている。すると光学素子801の界面824は入力電圧の実効値に応じて所定形状に変形し、該素子801の光束透過率が所望の値に制御される。

【0063】ステップS323実行後はステップS311に戻り、撮像手段144に入射する光量が適正になるまで、ステップS311の画像信号の取得からステップS323までのステップを繰り返し実行する。そして撮像手段144に入射する光量が適正になると、ステップS313からステップS314に移行する。ステップS314では、給電手段131から出力される交流信号の周波数を第2の周波数に切り換える。当実施例では、第2の周波数は250Hzに設定されているが、この切り換えによる作用は図20及び図21にて後述する。

【0064】ステップS315では、ステップS311で取得したプレビュー画像を表示器151に表示する。続いてステップS316では、焦点検出手段155を用いて撮影光学系430の焦点状態を検出する。続いてステップS317では、フォーカス駆動手段156により、第1レンズ群431を光軸方向に進退させて合焦動

作を行なう。その後、ステップS318に進み、撮影スイッチ（フロー図19では、SW2と表記）のオン操作がなされたか否かを判別する。オン操作されていない時はステップS311に戻り、プレビュー画像の取得からフォーカス駆動までのステップを繰り返し実行する。

【0065】以上のごとく、撮影準備動作を繰り返し実行している最中に、撮影者が撮影スイッチをオン操作すると、ステップS318からステップS331にジャンプする。ステップS331では、給電手段131から出力される交流信号の周波数を第1の周波数に切り換える。すなわち、250Hzから1kHzに戻す。ステップS332では撮像を行なう。すなわち撮像手段144上に結像した被写体像を光電変換し、光学像の強度に比例した電荷が各受光部近傍の電荷蓄積部に蓄積される。ステップS333では、ステップS131で蓄積された電荷を電荷転送ラインを介して読み出し、読み出しされたアナログ信号を信号処理回路145に入力させる。ステップS334では、信号処理回路145において、入力したアナログ画像信号をA/D変換し、AGC制御、ホワイトバランス、 $\gamma$ 補正、エッジ強調等の画像処理を施し、さらに必要に応じてCPU330内に記憶された画像圧縮プログラムでJPEG圧縮等を施す。ステップS335では、上記ステップS334で得られた画像信号をメモリ157に記録する。ステップS336では、まずステップS315で表示されたプレビュー画像を消去し、ステップS334で得られた画像信号を表示器151に改めて表示する。ステップS337では、給電手段131からの給電出力を停止し、ステップS338にて一連の撮影動作が終了する。

【0066】次に図20及び図21を用いて、給電手段出力の周波数切り換えの作用と効果を説明する。図20は、給電手段131の出力が第1の周波数、すなわち1kHzの場合の給電手段の制御方法とその効果を説明する図である。同図(a)は、給電手段131から出力され、光学素子101へ印加される電圧波形で、その定義は図8(d)で説明したものと同様である。この波形は、ピーク電圧が $\pm V_3$  [V]、周波数1kHz、デューティ比が100%の矩形波交流電圧である。ここでの周波数1kHzは、図6における $f_3$ に相当する。この時、光学素子101へ印加される実効電圧は図20

(b)のように $V_3$ となり、給電手段131における消費電力は同図(c)となる。すなわち、光学素子801はコンデンサ構造をしているため、一定電圧印加後は電荷の蓄積と共に流入電流が減少するため、消費電力は同図(c)に示すごとく、電源電圧の極性切り換えと同期して細かい変動を繰り返す。この時の消費電力のピーク値を $W30$ 、平均値を $W31$ と仮定する。また、界面824は同図(d)に示す波形で変形する。

【0067】図21は、給電手段131の出力が第2の周波数、すなわち250Hzの場合の給電手段の制御方



法とその効果を説明する図で、それぞれの波形は図20と同一の意味を成す。同図(a)は、給電手段131から出力され、光学素子101へ印加される電圧波形で、ピーク電圧は図20と同一の $\pm V_3$  [V]、デューティ比も図20と同一の100%、周波数は250Hzの矩形波交流電圧である。ここでの周波数250Hzは、図6における $f_2$ に相当する。この時、光学素子101へ印加される実効電圧は図21(b)のように $V_3$ となり、給電手段131における消費電力は同図(c)となる。すなわち、光学素子801へ給電される信号の周波数が減少したため、消費電力は図20に示したものより大きく変動する。従って消費電力平均値を $W_{32}$ は図20の場合より低い。また、界面824は同図(d)に示す波形で変形するが、この時の界面変形速度は図20の場合よりも遅い。ただし、界面変形量が所定値 $\delta_3$ に静定したのちは、界面形状は安定する。

【0068】以上の説明により、光学素子801に印加する交流信号を高周波にすると、消費電力は大きいが界面の応答速度は速く、該信号を低周波にすると、応答は遅くなるが消費電力は少なくて済む。従って当実施例では、図19のステップS323で示したように、光学素子の界面形状を変化させる場合は高周波を印加して素早い変形を可能としている。一方図19のステップS314に示したように、変形が完了して所定形状を維持しつづける場合には駆動周波数を低周波に切り換え、省電を達成している。この場合、界面824の変形はすでに完了しているため、界面の応答速度が遅いことは、何ら障害とならない。また当実施例では、図19のステップS331に示したように、撮影動作直前には駆動周波数を高周波に戻している。これは、撮影時には光学素子の界面拘束力を強くし、撮影中の外乱による光学特性の変動を少なくする効果がある。また、撮影時間は短いため、消費電力の増大は大きな障害とはならない。

【0069】上記実施例3によれば、(1)給電手段から出力される駆動信号の周波数を、光学装置の状態に応じて適宜切り換えるため、光学素子の変形速度を犠牲にするとことなく、給電手段の省電が図れること。

(2)光学素子に高い安定性が要求される時は高周波の駆動信号を供給し、安定性が低くても許容できる時は低周波の駆動信号を供給することで、光学装置の性能を低下させることなく給電手段の省電が図れること。等が達成される。なお、本実施例では光学装置の一例としてデジタルスチルカメラを取り挙げたが、それ以外のビデオカメラや銀塩カメラ等にも効果を損なわずに適用できる事は言うまでもない。また、当実施例の光学素子801の給電制御方法を、実施例1及び実施例2に適用しても同様の効果が得られ、実施例1及び実施例2の給電制御方法を当実施例3に適用しても同様の効果が得られる。

【0070】

【発明の効果】以上説明したように、本出願の発明によ

れば、光学素子に印加する矩形波の交流信号のデューティ比を変化させて該光学素子の特性を変えるため、特に給電手段をマイクロコンピュータを用いてデジタル制御する装置において給電手段の構成を簡単かつ安価にできる。また、光学特性も高分解能で正確に制御可能となる。

【0071】また、本出願に係る他の発明によれば、光学素子に印加する矩形波の交流信号の周波数を変化させて該光学素子の特性を変えるため、特に給電手段をマイクロコンピュータを用いてデジタル制御する装置において給電手段の構成を簡単かつ安価にできる。また、光学特性も高分解能で正確に制御可能となる。

【0072】また、本出願に係る他の発明によれば、光学素子に印加する矩形波の交流信号の周波数を、信号印加開始時と信号印加継続時とで変えるため、不要な電力の消費を防止でき、光学装置が有する電源の寿命を延ばすことができる。

【0073】また、本出願に係る他の発明によれば、光学素子に印加する矩形波の交流信号の周波数を、光学素子に高い安定性が要求される場合とそれ以外とで変えるため、不要な電力の消費を防止でき、光学装置が有する電源の寿命を延ばすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1における光学素子の給電制御方法を説明する図である。

【図2】本発明の実施例1における光学素子の断面図である。

【図3】本発明の実施例1における光学素子に電圧を印加した時の動作説明図である。

【図4】本発明の光学素子に直流電圧を印加した時の動作説明図である。

【図5】本発明の光学素子に交流電圧を印加した時の動作説明図である。

【図6】本発明の光学素子における駆動周波数と応答の概念図である。

【図7】本発明の実施例1における光学素子と給電手段の説明図である。

【図8】本発明の実施例1における給電手段の動作説明図である。

【図9】本発明の実施例1の光学装置の構成図である。

【図10】本発明の実施例1の光学装置の制御フロー図である。

【図11】本発明の実施例1における給電制御方法を説明する図である。

【図12】本発明の実施例2の光学装置の構成図である。

【図13】本発明の実施例2の光学装置の制御フロー図である。

【図14】本発明の実施例2における給電制御方法を説明する図である。

【図15】本発明の実施例2における給電制御方法を説明する図である。

【図16】本発明の実施例3における光学素子の断面図である。

【図17】本発明の実施例3における光学素子に電圧を印加した時の動作説明図である。

【図18】本発明の実施例3の光学装置の構成図である。

【図19】本発明の実施例3の光学装置の制御フロー図である。

【図20】本発明の実施例3における給電制御方法を説明する図である。

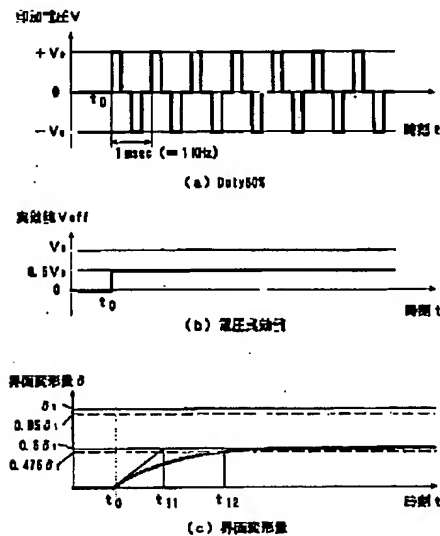
【図21】本発明の実施例3における給電制御方法を説明する図である。

【符号の説明】

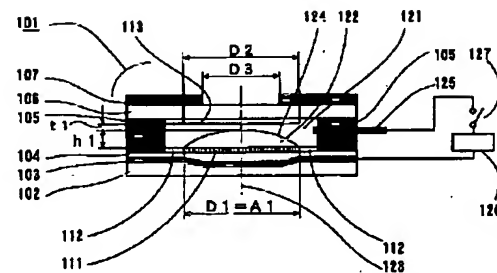
101、801：光学素子  
102、802：透明基板  
103：透明電極  
104、804：絶縁層  
107、807：絞り板  
803：電極リング

111、811：撥水膜  
112、812：親水膜  
113、813：親水膜  
121、821：第1の液体  
122、822：第2の液体  
123、823：光軸  
124、824：界面  
125、825：棒状電極  
130、230、330：CPU  
126、131：給電手段  
132：電源  
133：DC/DCコンバータ  
134、135：増幅器  
140、430：撮影光学系  
144：撮像手段  
146：温度センサー  
150、250、350：光学装置  
151：表示器  
152：メインスイッチ  
153：ズームスイッチ

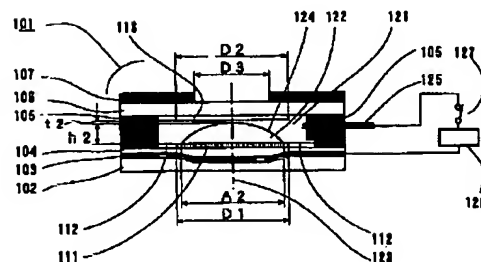
【図1】



【図2】

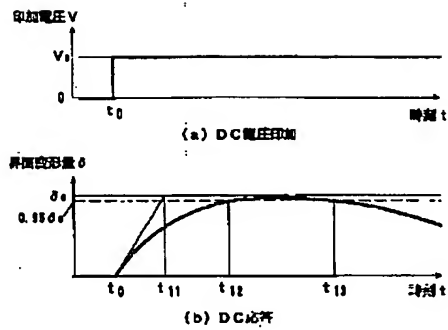


【図3】

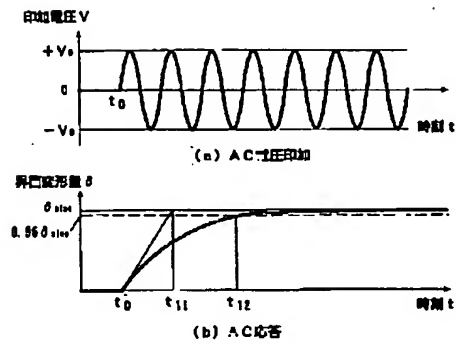




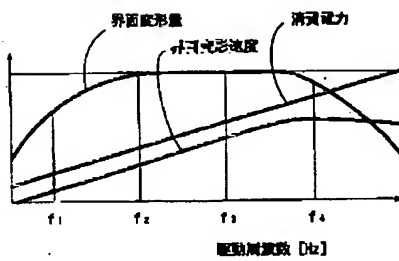
【図4】



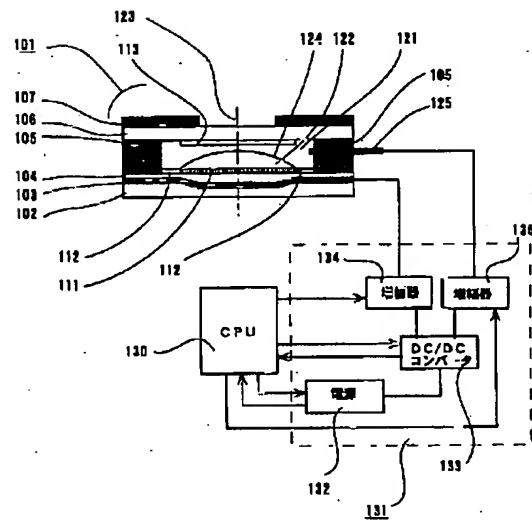
【図5】



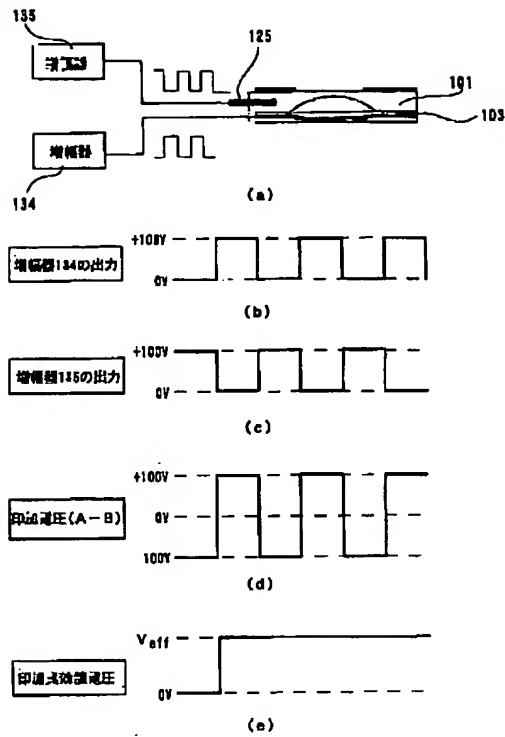
【図6】



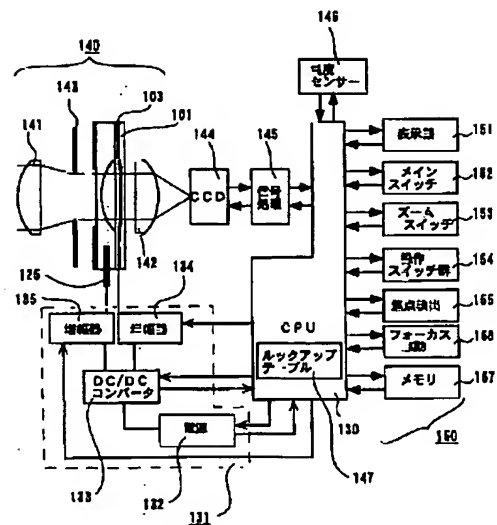
【図7】



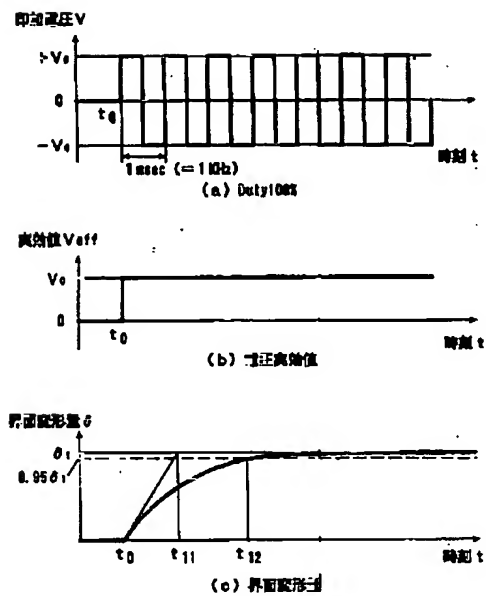
【図8】



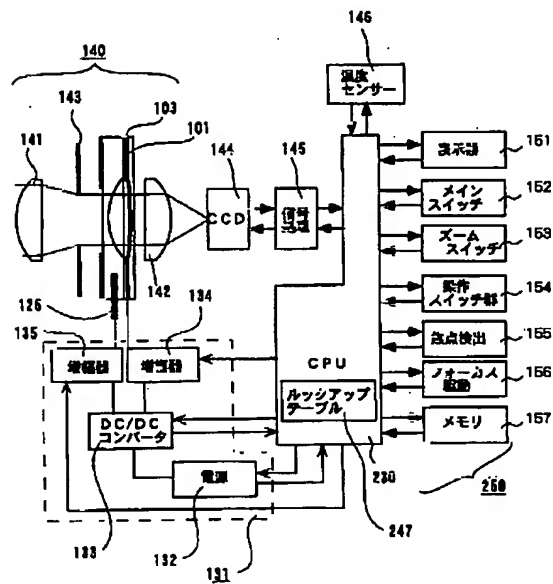
【図9】



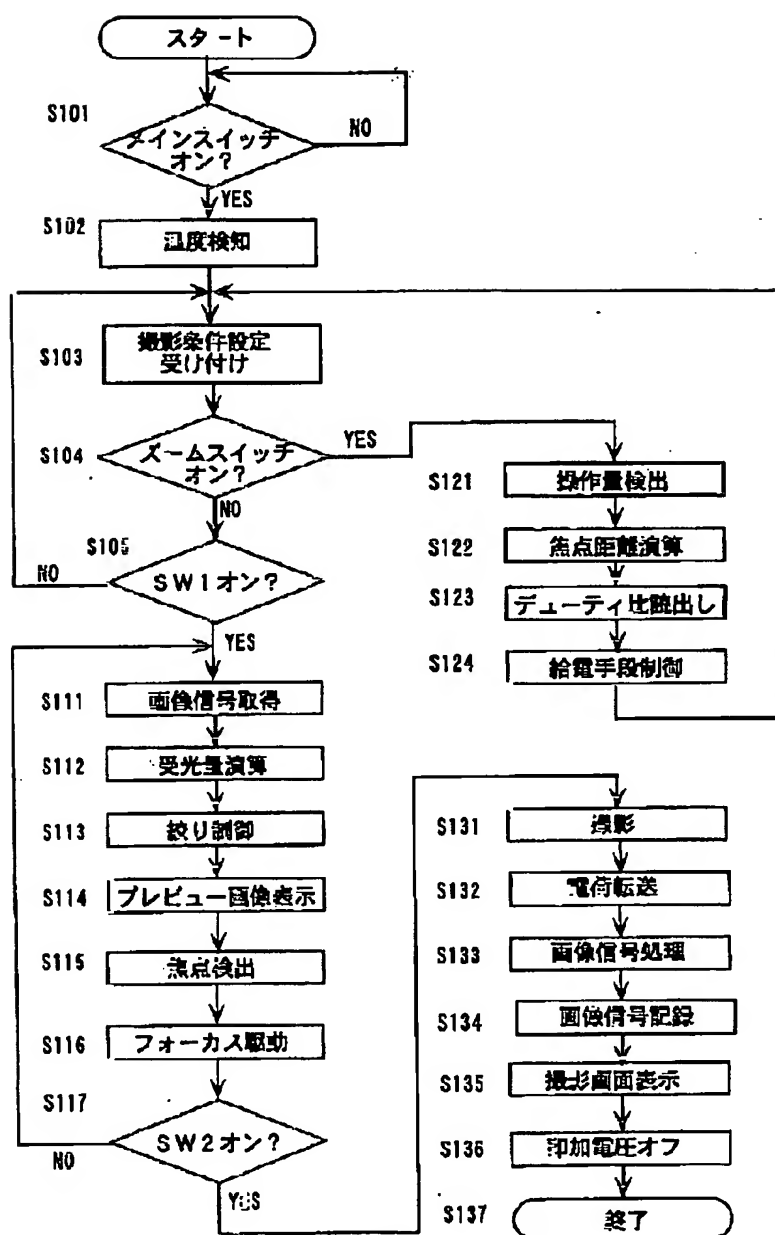
【図11】



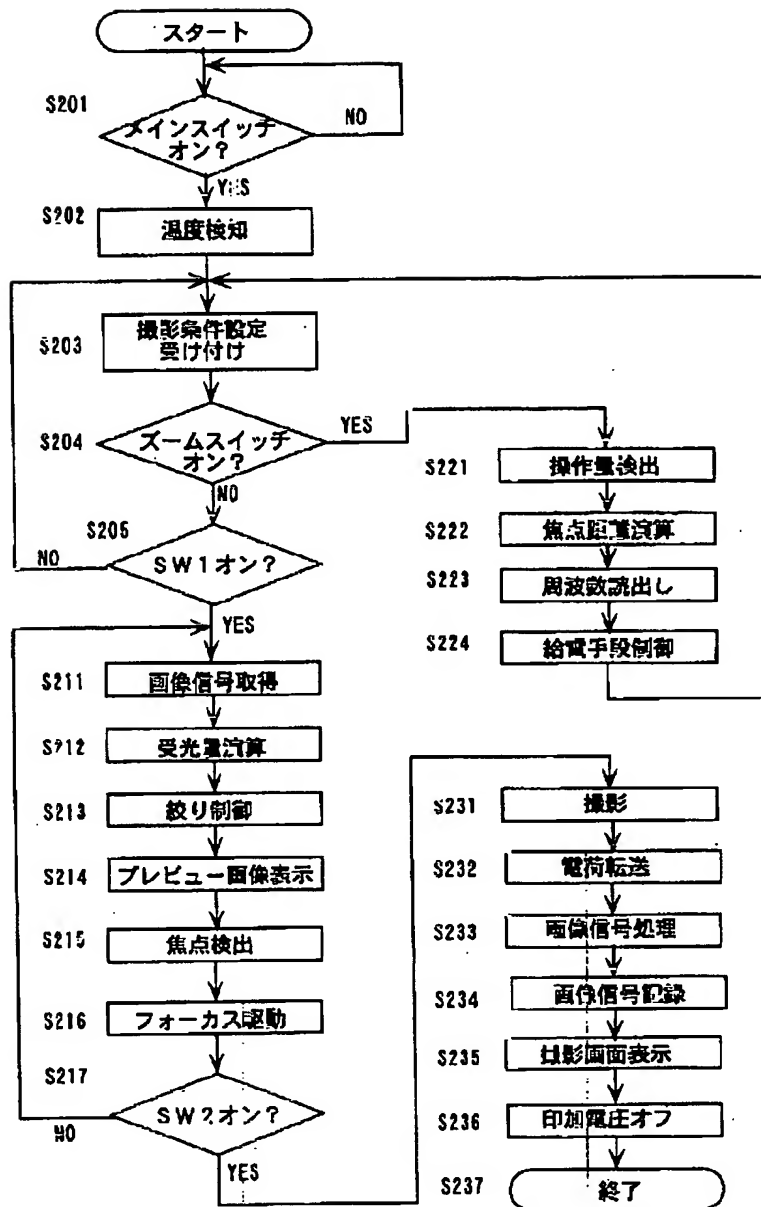
【図12】



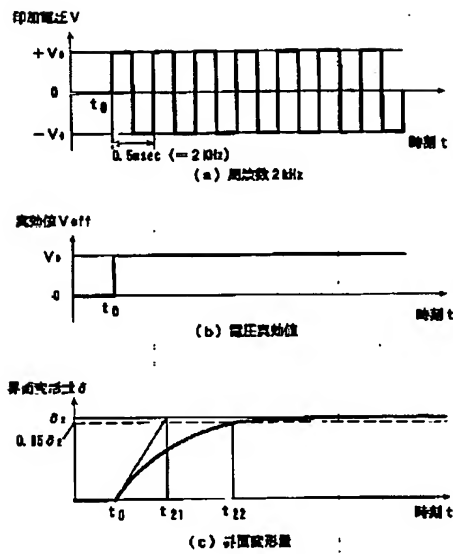
【図10】



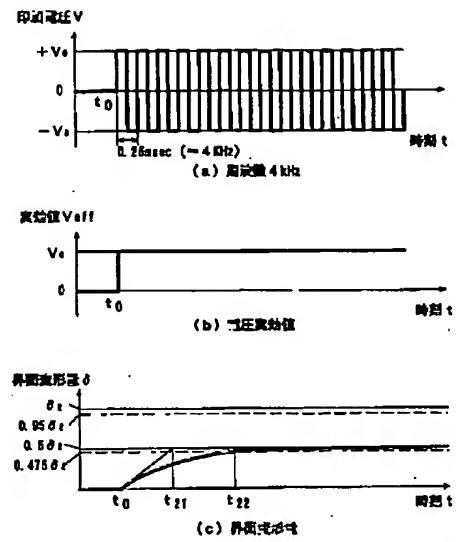
【図13】



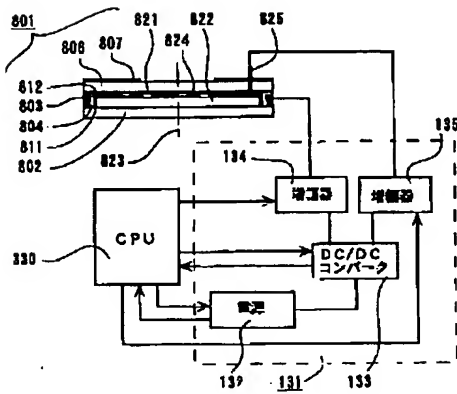
【図14】



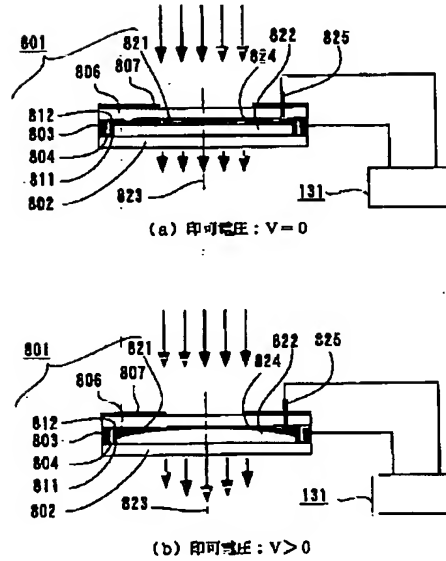
【図15】



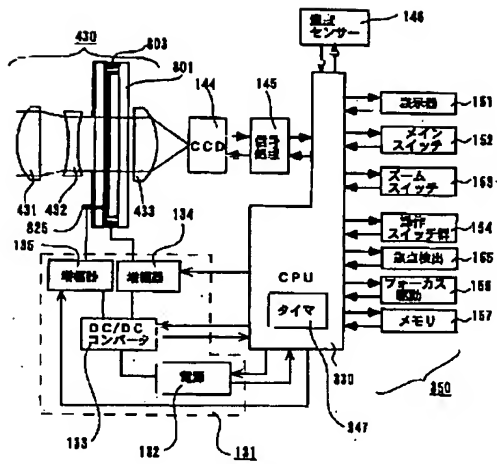
【図16】



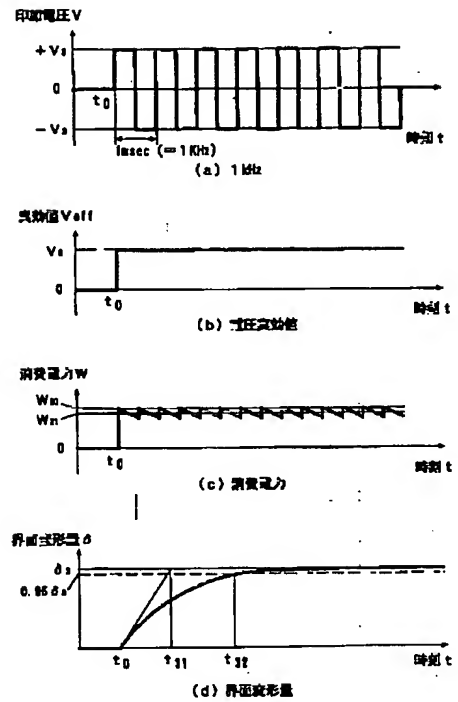
【図17】



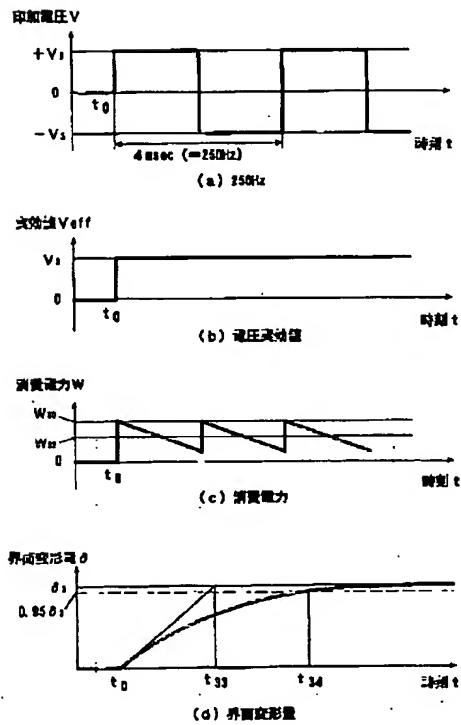
【図18】



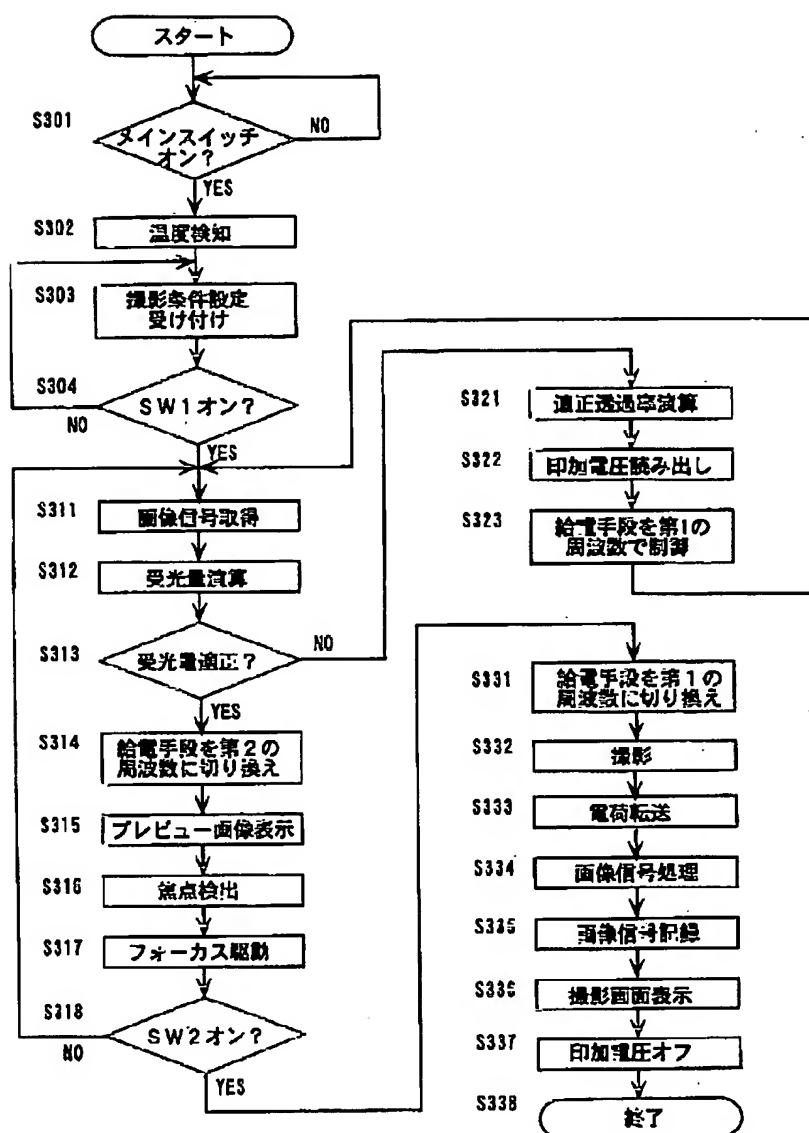
【図20】



【図21】



【図19】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 0 3 B 13/32  
9/02  
11/00

識別記号

F I  
G 0 2 B 7/11  
G 0 3 B 3/04

(参考)

Z 9 A 0 0 1

(72)発明者 川浪 英利子  
東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ  
ノン株式会社内

F ターム ( 参考 )   2H044 BF00 DA02 DB00 DC00 EF00  
                         EF01 EF05  
                         2H051 FA61 GB00  
                         2H080 AA03  
                         2H083 AA01 AA05 AA14 AA26 AA32  
                                 AA53  
                         2H087 KA01 PA01 PA17 PB01 QA02  
                                 QA05 QA13 RA27  
                         9A001 BB06 HH23 KK16 KK32